



بیست و سومین دوره المپیاد زیست‌شناسی

بعدازظهر - ساعت: ۱۴:۰۰

کد دفترچه: ۱

تعداد سؤالات	مدت آزمون (دقیقه)
۳۰	۲۷۰

شماره صندلی:

نام خانوادگی:

نام:

توضیحات مهم

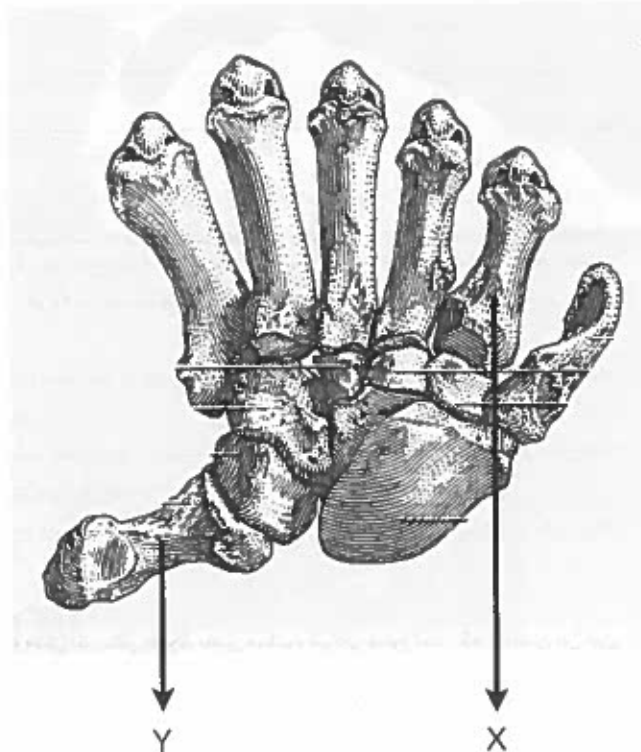
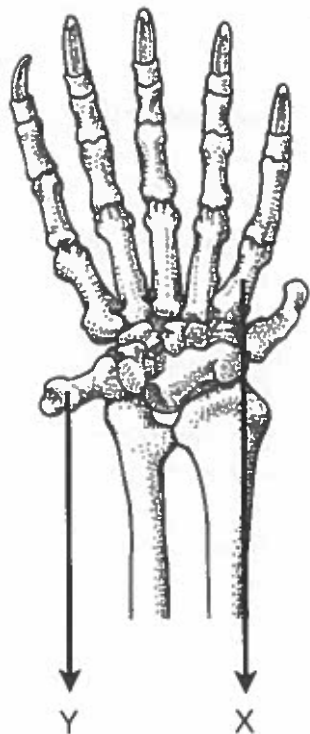
استفاده از ماشین حساب مجاز است.

- ۱- کد دفترچه سؤالات شما ۱ است. این کد را در محل مربوط روی پاسخنامه با مداد پر کنید. در غیر این صورت پاسخنامه شما تصحیح نخواهد شد. توجه داشته باشید کد دفترچه سؤالات شما که در زیر هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است، یکی باشد.
- ۲- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه برگه‌های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسؤول جلسه را مطلع کنید.
- ۳- یک برگ پاسخنامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسؤول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخنامه را با مداد مشکی بنویسید.
- ۴- برگه پاسخنامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکند و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
- ۵- پاسخ درست به هر سوال ۳ نمره مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد.
- ۶- همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیک مانند تلفن همراه و لپ‌تاپ ممنوع است. همراه داشتن این وسایل حتی اگر از آنها استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب می‌شود.
- ۷- شرکت‌کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه دهم و یازدهم انتخاب می‌شوند.
- ۸- داوطلبان نمی‌توانند دفترچه سؤالات را با خود ببرند. (دفترچه باید همراه پاسخنامه تحویل داده شود.)



پرسش ۱ پانداها با وجود طبقه‌بندی در راسته گوشت‌خوارسانان، پانزده ساعت را در روز به جویدن ساقه‌های بامبو می‌گذرانند. زیستگاه طبیعی این جانوران محدود به جنگل‌های مرتفع غرب چین است. مانند دیگر موجودات زنده، ساختار بدن در طی تکامل با عملکردش تطابق یافته‌است. پانداها شاخه‌های بامبو را شکسته، آن را از بین شست و انگشتان دیگر خود عبور می‌دهند تا برگ‌ها را جدا کرده و ساقه را مصرف می‌کنند. این سطح از مهارت در دست‌ورزی در جانوری که اجدادش شکارچی بوده‌اند شگفت‌انگیز به نظر می‌رسد. همچنین، شست به عنوان یکی از انگشتان که در مقابل سطح کف دست قرار گرفته، از ویژگی‌های برجسته و عوامل موفقیت نخستین‌ها (primates) به‌شمار می‌رود و در دیگر پستانداران دیده نمی‌شود.

استیون جی گولد، زیست‌شناس تکاملی، خاستگاه شست پاندا را شاهدهی در تأیید نظریه تعادل نقطه‌ای قلمداد کرد؛ که بر اساس آن تغییرات تکاملی برخلاف دیدگاه رایج داروینیسیم، نه تدریجی بلکه به ناگاه رخ می‌دهد. در تصاویر زیر ساختار دست و کف دست پاندا را مشاهده می‌کنید. ساختارهای X و Y در هر دو تصویر مشخص شده‌اند.

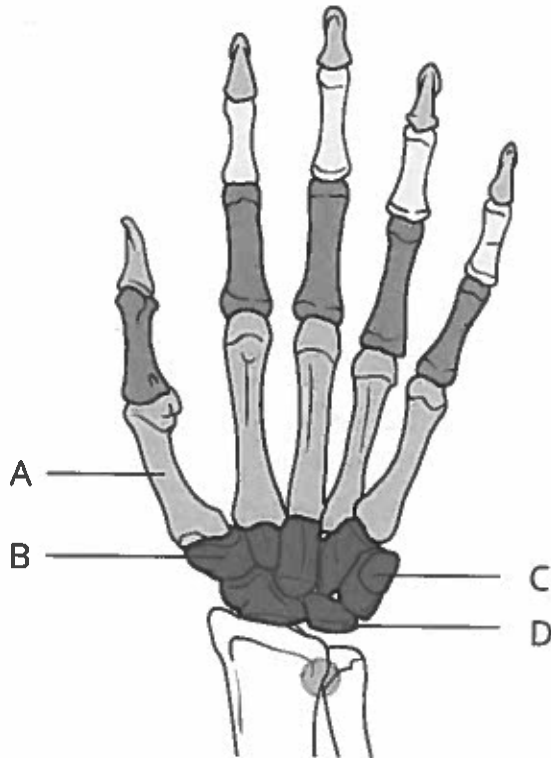




هیاوا! تخصصی ترین سایت مشاوره کشور

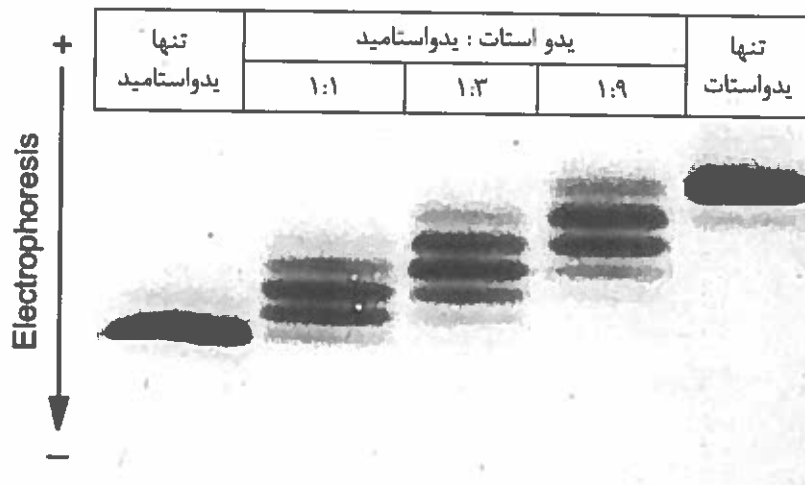
مرحله اول بیست و سومین المپیاد زیست‌شناسی ایران

با توجه به آناتومی استخوان‌های کف دست انسان، ساختارهای X و Y در دست پاندا معادل کدام یک از ساختارهای مشخص شده هستند؟



X	Y	گزینه
A	C	(۱)
B	C	(۲)
A	D	(۳)
C	A	(۴)
C	B	(۵)

پرسش ۲ یکی از راه‌های شناسایی تعداد ریشه آمینواسید سیستئین (Cys) در پلی‌پپتیدها، بررسی واکنش آنها با موادی است که می‌توانند موجب تغییر گروه‌های عاملی تیولی (SH) شوند. طی واکنش یدواستات با گروه تیول، یک گروه اسید با بار منفی حاصل می‌شود در حالی که استفاده از یدواستامید گروه خنثی ایجاد می‌کند. بررسی تعداد ریشه‌های آمینواسید Cys از طریق ایجاد رقابت بین یدواستات و یدواستامید امکان‌پذیر است. به این منظور منظور پروتئین را با اوره ۸ مولار دناتوره و سپس با اضافه کردن نسبت‌های مختلفی از این دو ماده الکتروفورز می‌کنیم (شکل پایین). با توجه به شکل، تعداد گروه تیول یک پروتئین تک زیر واحدی کدامیک از گزینه‌های زیر است؟





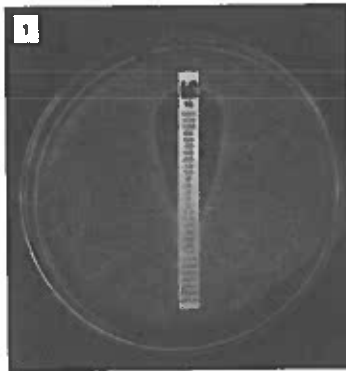
(۱) گروه تیول

(۲) گروه تیول

(۳) گروه تیول

(۴) گروه تیول

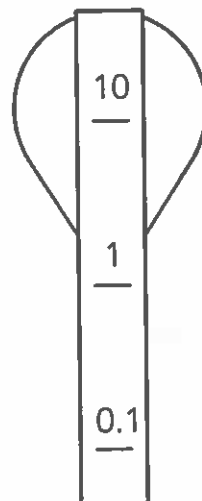
(۵) گروه تیول



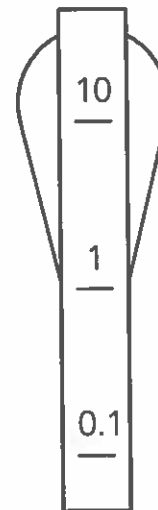
پرسش ۳ بررسی حساسیت باکتری های مختلف به آنتی‌بیوتیک ها از مهم ترین اقدامات در روند درمان بیماری های عفونی است. به این منظور از تست های مختلفی استفاده می شود که همگی بر پایه رشد یا عدم رشد باکتری در مجاورت آنتی‌بیوتیک، طراحی شده اند. در یکی از این روش ها، از نوارهای ویژه ای استفاده می شود که در طول خود طیفی از غلظت آنتی‌بیوتیک دارد. مزیت این روش این است که میزان حساسیت باکتری را به صورت کمی مورد سنجش قرار می دهد. در تصویر مقابل مثالی از این تست را مشاهده می کنید. باکتری در مجاورت با آنتی بیوتیک رشد نمی کند و به صورت هاله ای در اطراف نوار آنتی‌بیوتیک قابل مشاهده است.

به طور تصادفی در آزمایشگاه دو آنتی‌بیوتیک جدید کشف کرده ایم. برای بررسی اثر آن ها، دو نوار با شیب غلظت لگاریتمی تهیه کرده و روی کشت باکتری نمونه قرار داده ایم. نتیجه را در شکل پایین مشاهده می کنید.

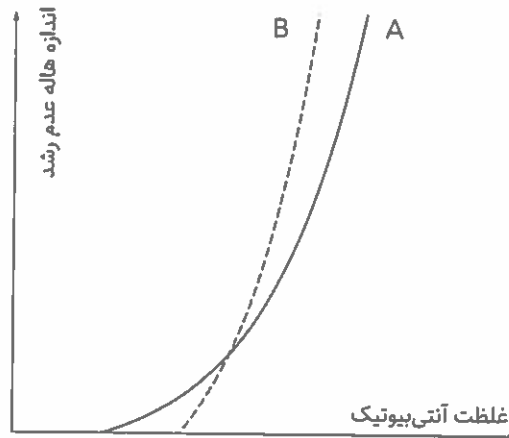
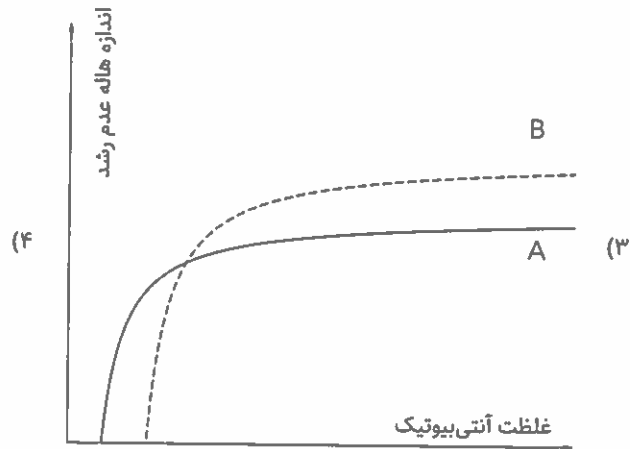
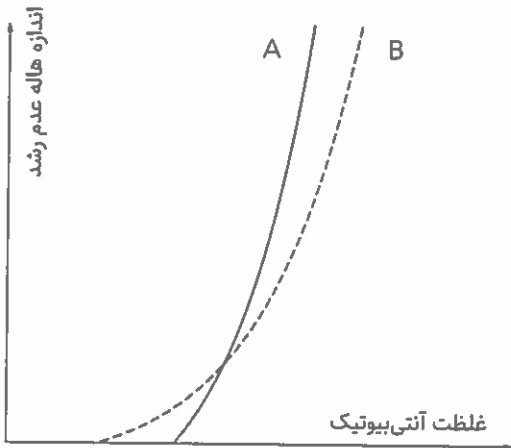
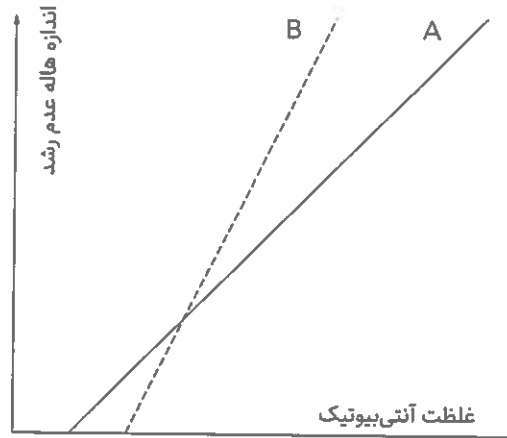
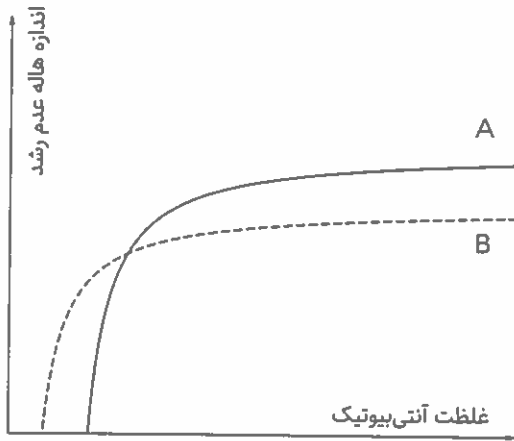
کدام یک از نمودارهای زیر، اثر غلظت آنتی‌بیوتیک های A و B را بر اندازه هاله عدم رشد در مجاورت آن غلظت به صورت کیفی نشان می دهد؟ در تمامی نمودارها هر دو محور با مقیاس خطی رسم شده اند.



A(mM)



B(mM)





پرسش ۴ با توجه به فرآیند تقسیم سلولی یوکاریوتی، کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟

- I. طی تقسیم سلول $2n$ کروموزومی، مرحله‌ای وجود دارد که بار ژنومی سلول $4n$ می‌شود.
- II. تنها در تقسیم سلولی میتوز است که بار ژنومی سلول در مرحله‌ای $4n$ می‌شود.
- III. فرآیند تقسیم میوز گیاهی منجر به تولید چهار گامت می‌شود.
- IV. سلول‌های تریپلوئید امکان تولید هیچ گامتی با عدد کروموزومی n را ندارند.
- V. واژگونی یک قطعه کروموزومی در یک فرد، منجر به ناکارآمدی حداقل ۵۰ درصد گامت‌ها خواهد شد.

(۱) II, III

(۲) I, V

(۳) I, II

(۴) IV, V

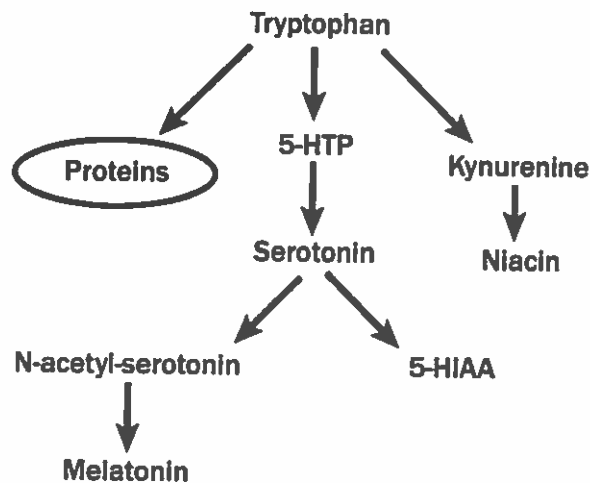
(۵) III, IV

پرسش ۵ با توجه به فرآیند لقاح در گیاهان بازدانه که به تشکیل دانه می‌انجامد، گزینه صحیح را انتخاب کنید.

- (۱) بخش اعظم گرده‌افشانی در گیاه کاج (سرده *pinus*) توسط حشرات انجام می‌شود.
- (۲) یک درخت بازدانه به صورت میانگین هر سال مخروط‌های خود را تجدید می‌کند.
- (۳) فلس مخروط‌ها در بازدانه‌ها از لحاظ تکاملی معادل برگچه‌ها در سرخس‌ها است.
- (۴) هاگ‌های نر کوچک‌تر از هاگ‌های ماده هستند اما در مخروط‌های بزرگ‌تری تولید می‌شوند.
- (۵) هاگ‌های نر حاصل تقسیم نامتقارن سلول مادر هستند.



پرسش ۶ شکل زیر مسیر متابولیسم تریپتوفان در مغز را نشان می‌دهد. تریپتوفان که یکی از اسیدهای آمینه ضروری است، برای جذب در دستگاه گوارش با سایر اسیدآمینوها رقابت می‌کند. از طرفی درمان اصلی افسردگی استفاده از داروهای مهارکننده بازجذب سروتونین در سیناپس است. کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟



- I. با افزایش سن و کاهش توانایی جذب اسیدآمینوها، ریسک افسردگی کمتر می‌شود.
- II. با توجه به این‌که 5-HTP نسبت به تریپتوفان از سد خونی-مغزی راحت‌تر عبور می‌کند، دوز بالاتری از آن برای جلوگیری از افسردگی لازم است.
- III. مصرف تریپتوفان با معده خالی به افزایش جذب آن کمک می‌کند.
- IV. این مسیر از فرضیه ارتباط چرخه خواب با افسردگی حمایت می‌کند.
- V. تریپتوفان به عنوان پیش‌ساز کوآنزیم مصرف می‌شود.

III, IV (۱)

I, II, III (۲)

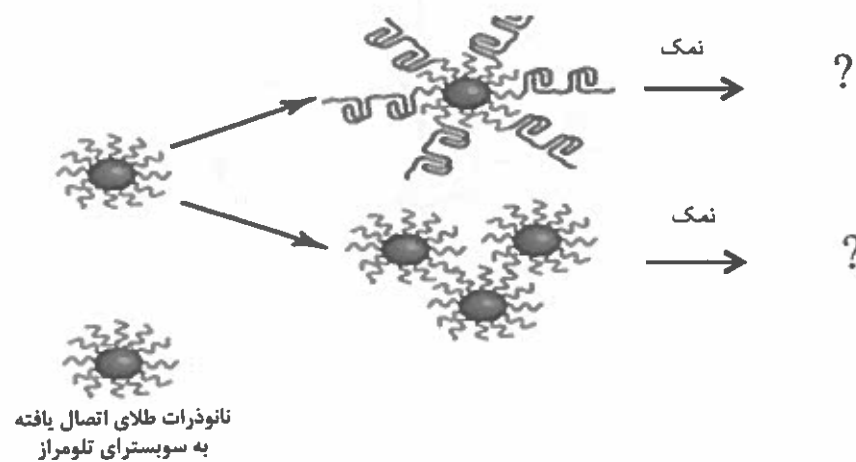
I, III (۳)

II, V (۴)

III, IV, V (۵)



پرسش ۷ شکل زیر یک بیوسنسور (زیست حس‌گر) مبتنی بر رنگ سنجی را نشان می‌دهد که برای تشخیص سرطان بر پایه عملکرد آنزیم تلومراز به کار می‌رود. در آزمایشی، سوبسترای اولیگونوکلئوتیدی تلومراز، به سطح نانوذرات طلا با رنگ قرمز (اندازه 30 نانومتر) متصل شده و سپس این کمپلکس، به مدت 60 دقیقه در حضور مخلوطی از دئوکسی ریبونوکلئوتید تری فسفات (dNTPs) و آنزیم تلومراز قرار گرفت. قابل توجه است که نانوذرات طلا در حضور نمک، تجمع یافته و به آبی تغییر رنگ می‌دهند. در مورد این روش رنگ سنجی، کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟



- I. در حضور مقدار قابل توجهی از مهار کننده تلومراز، نانوذرات طلا به شکل مونومر باقی مانده و تغییر رنگ محلول از قرمز به آبی رخ میدهد.
- II. در حضور لیز سلولهای متاستاتیک سرطانی، تجمع نانوذرات کاهش یافته و تغییر رنگی مشاهده نمی‌شود.
- III. در حضور لیز سلولهای لایه زاینده (germline)، تجمع نانوذرات افزایش یافته و تغییر رنگ محلول از قرمز به آبی مشاهده می‌شود.
- IV. در حضور مقادیر قابل توجه آنزیم تلومراز، اشباع شدن غلظت نمک تغییری در رنگ محلول ایجاد نمی‌کند.

I, II (۱)

II, IV (۲)

I, III (۳)

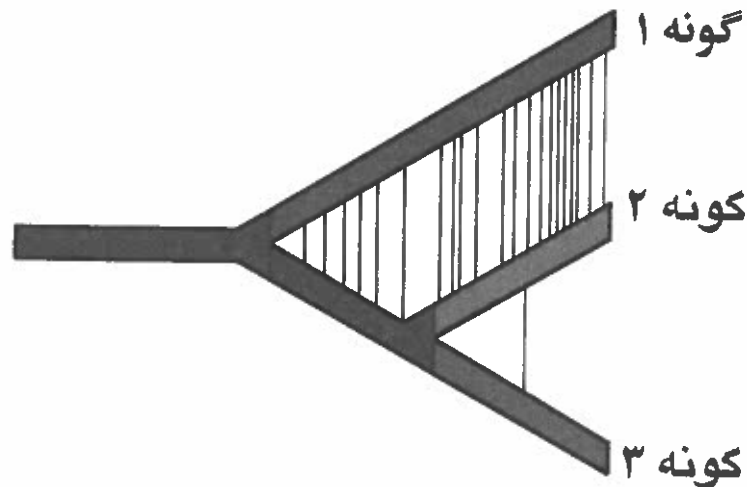
III, IV (۴)

I, IV (۵)



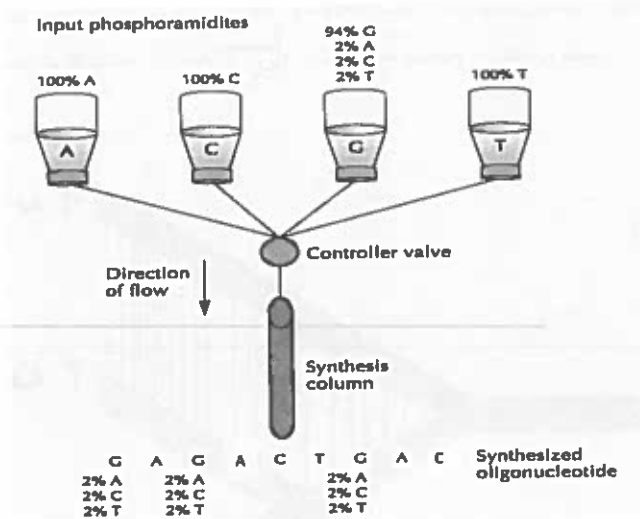
پرسش ۸ توالی‌یابی 16S rRNA استخراج‌شده از میکروپها به طبقه‌بندی حیات به سه گروه آرکی، باکتری، و یوکاریوت در ۱۹۹۰ میلادی منجر شد. درختی مشتعل از این سه قلمرو، از همان ابتدا مورد تشکیک واقع شد و بسیاری تصور می‌کنند که درخت حیات در حقیقت بیشتر به یک شبکه می‌ماند تا یک درخت. یکی از دلایلی که درخت حیات را به مفهومی غلط‌انداز بدل می‌کند، رواج جابجایی افقی ژن‌ها (horizontal gene transfer) در میان دودمان‌های مختلف است. جابجایی افقی ژنی، سازو-کاری رایج در میان پروکاریوت‌ها و در یوکاریوت‌ها عموماً محدود به یوکاریوت‌های تک‌یاخته‌ای است؛ اما شبکه‌ای بودن درخت تبارزایی در یوکاریوت‌ها نیز مشاهده می‌شود. یکی از راه‌های انتقال ژن میان دودمان‌های یوکاریوتی، فرایند الحاق (Introgression)، به معنای پدیدآمدن دورگه میان اعضای این دودمان‌ها و سپس آمیزش دورگه‌ها با اعضای یکی (یا هر دو) دودمان است.

درخت تبارزایی زیر رابطه میان سه گونه را نشان می‌دهد. شاخه و تنه درخت نشان‌دهنده گونه‌زایی و خطوط نازک عمودی نشان‌دهنده الحاق میان دودمان‌ها هستند. با توجه به این درخت گزینه صحیح را انتخاب کنید.



- ۱) با توجه به میزان الحاق‌ها، گونه ۲ از نظر ریختی و رفتاری به گونه ۱ شبیه‌تر است تا گونه ۳.
- ۲) در صورت نادیده گرفتن خطوط عمودی، درخت تبارزایی ما عملاً به درخت تبارزایی ژنی بدل می‌شود.
- ۳) اگر درخت تبارزایی را بر اساس شباهت ژنوم این سه گونه بازسازی کنیم، بر اساس این درخت جدید، گونه‌های ۱ و ۲ به تاکسون‌های خواهری بدل می‌شوند.
- ۴) میزان الحاق‌ها در میان دودمان‌های منتهی به گونه ۱ و ۲، نشان از اثر پررنگ‌تر انتخاب طبیعی بر تکامل این دو گونه در قیاس با گونه ۳ دارد.
- ۵) وجود الحاق در این درخت تبارزایی، از ناسازگاری عمومی قطعات ژنتیکی این سه دودمان در دورگه‌ها حکایت دارد.

پرسش ۹ روش Error-Prone PCR (مستعد به خطا) یکی از روش‌های جهش‌زایی اتفاقی مورد استفاده در مهندسی پروتئین است که به منظور ایجاد جهش‌های نقطه‌ای و تولید یک کتابخانه از جهش‌های مختلف مربوط به یک پروتئین خاص کاربرد دارد. به صورت طبیعی در واکنش PCR از آنزیم پلی‌مراز taq استفاده می‌شود که فاقد خصوصیت Proof Reading (توانایی تصحیح باز مکمل در صورت بروز خطا در روند همانندسازی) است. کوفاکتور این آنزیم، منیزیم (Mg^{++})، برای دقت فعالیت آنزیم ضروری است. در طول سالیان پس از ابداع روش PCR، آنزیم‌های پلیمرازی نظیر pfu طراحی شده است که دارای خصوصیت Proof Reading می‌باشند. یکی از روش‌های دیگر برای تولید کتابخانه استفاده از پرایمرهای Degenerate می‌باشد که به روش زیر سنتز می‌شوند. با در نظر گرفتن این موارد، کدام گزاره(ها) در جهت افزایش تنوع جهش‌های کتابخانه عمل می‌کنند؟



- I. افزایش منگنز (Mn^{++}) در محیط واکنش.
- II. استفاده از آنزیم پلی‌مراز pfu.
- III. استفاده از آنزیم پلی‌مراز taq.
- IV. اضافه کردن ۲ درصد گوانین (G) در ظرف تیمین (T) نسبت به اضافه کردن ۲ درصد گوانین (G) در ظرف آدنین (A) در روند تهیه پرایمر شکل بالا.

I, II (۱)

I, III (۲)

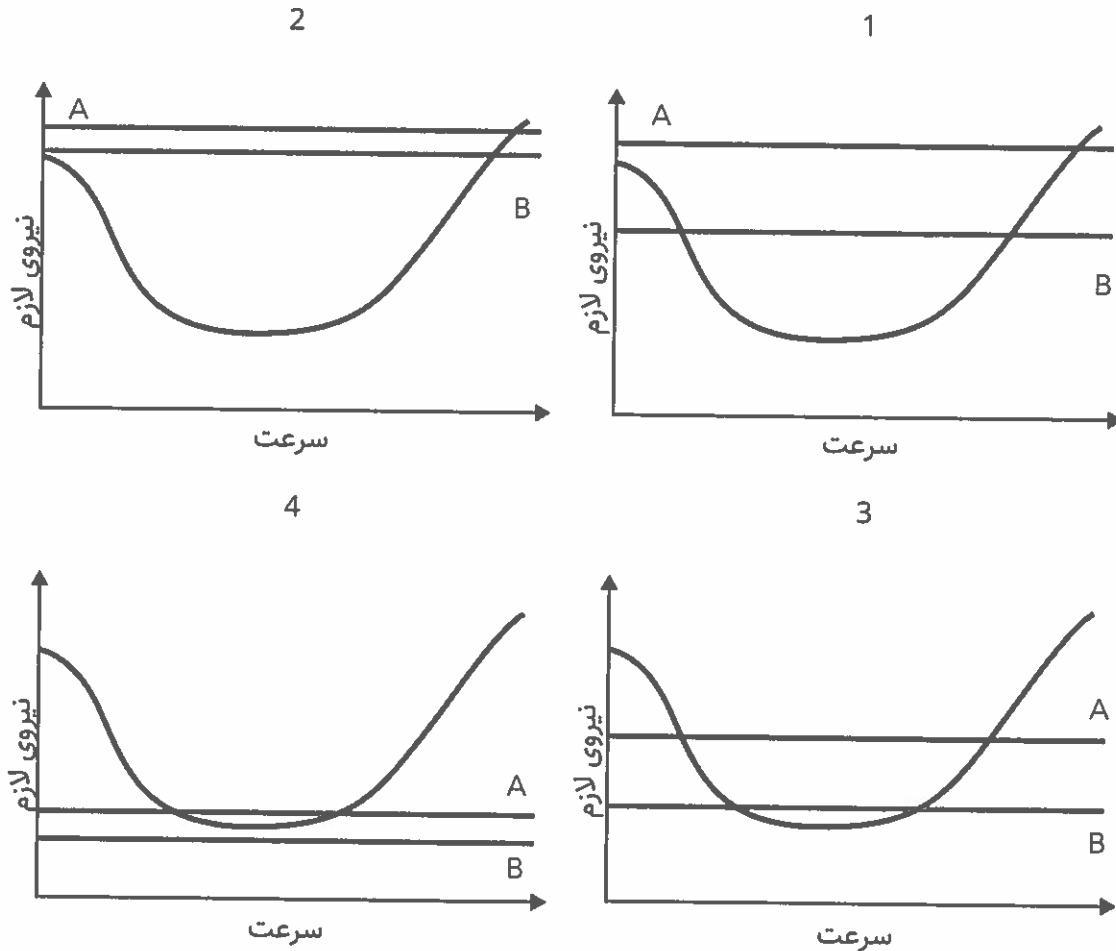
III, IV (۳)

II, IV (۴)

II, III (۵)



پرسش ۱۰ در پرندگان، نیروی مورد نیاز برای پرواز در سرعت‌های متفاوت به یک اندازه نیست. تحقیقات نشان داده‌است که این مقدار در سرعت‌های متوسط کمینه است. چهار نمودار مربوط به گونه‌های متفاوت پرنده را مشاهده می‌کنید که نیروی مورد نیاز برای پرواز را نسبت به سرعت پرواز (میزان مسافت طی شده در واحد زمان) نشان می‌دهد. خط A حداکثر مقدار نیرویی است که پرنده می‌تواند در یک حرکت انفجاری ایجاد کند و خط B مقدار نیرویی است که پرنده توان حفظ آن را دارد. هر کدام از این نمودارها مربوط به کدام یک از پرنده‌های وصف شده است؟



2

1

4

3

سرعت

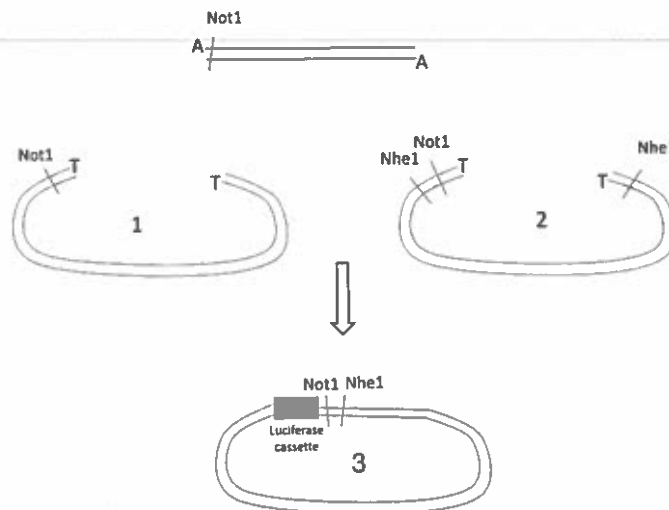
سرعت

- I. پرنده‌ای که برای اوج گرفتن مدت زمانی روی زمین می‌دود، سپس پریده و اوج می‌گیرد.
- II. پرنده‌ای که می‌تواند بدون حرکت روبه جلو درجا ارتفاع خود را حفظ کند.
- III. پرنده‌ای که تنها در حضور جریان باد مداوم می‌تواند نیروی مورد نیاز برای پرواز را تامین کند.
- IV. پرنده‌ای که با بال زدن درجا اوج می‌گیرد و برای حفظ ارتفاع نیاز به حرکت رو به جلو دارد.



گزینه	1	2	3	4
(۱)	II	I	IV	III
(۲)	I	II	III	IV
(۳)	II	I	III	IV
(۴)	IV	III	II	I
(۵)	IV	II	I	III

پرسش ۱۱ در روند تکثیر قطعه DNA توسط Taq polymerase، یک عدد نوکلئوتید A به انتهای قطعات تکثیر شده اضافه می‌شود. سپس این قطعات در یک وکتور پلازمیدی به نام وکتور TA افزوده می‌شود که یک عدد نوکلئوتید T آزاد تک رشته‌ای در دو انتها دارد (وکتورهای ۱ و ۲). در ادامه با استفاده از آنزیم‌های Not1 و Nhe1 قطعه کلون شده در وکتور TA، بریده‌شده و به وکتور بیانی Psi-check (وکتور ۳) منتقل می‌شود. فاصله جایگاه‌های برش آنزیم تا انتهای قطعات DNA قابل چشم‌پوشی است. در مورد این روش کلونینگ کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟



- I. با استفاده از آنزیم Not1 به تنهایی می‌توان قطعه را از وکتور ۱ جدا و در وکتور Psi-check کلون کرد.
- II. با استفاده از آنزیم Not1 به تنهایی می‌توان قطعه را از وکتور ۲ جدا و در وکتور Psi-check کلون کرد.
- III. با استفاده از آنزیم Nhe1 به تنهایی می‌توان قطعه را از وکتور ۲ جدا و در وکتور Psi-check کلون کرد.
- IV. می‌توان قطعه تکثیرشده را به وسیله آنزیم Not1 بریده و به داخل وکتور ۱ بریده‌شده با آنزیم Not1 منتقل کرده و سپس فقط قطعه اولیه را در وکتور Psi-check کلون کرد.



(۱) I, II

(۲) I, II, III

(۳) II, IV

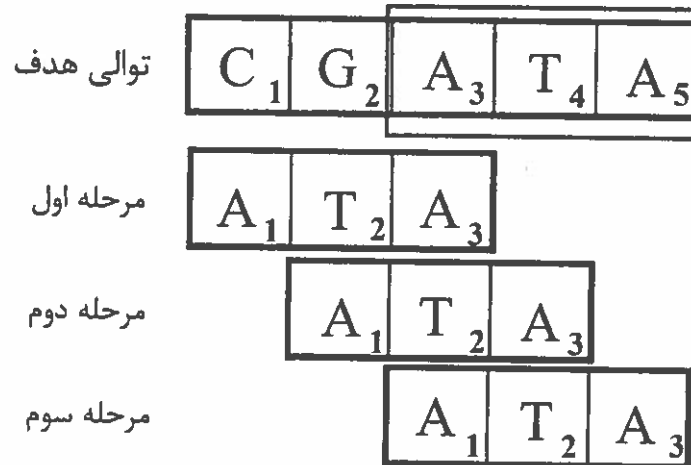
(۴) III, IV

(۵) I, II, III, IV

پرسش ۱۲ واژه الگوریتم به مجموعه‌ای متناهی از دستورالعمل‌ها گفته می‌شود که به ترتیب برای حل یک مسئله اجرا می‌شوند. بسیاری از مسائل علوم زیستی، به ویژه در حوزه های ژنومیکس و پروتئومیکس را می‌توان به الگوریتم‌های قابل فهم توسط ماشین تبدیل کرد. با توجه به ظرفیت محدود تعداد محاسبات کامپیوتر در هر لحظه، هنگام طراحی الگوریتم باید مدت زمان لازم برای اجرای آن را مدنظر قرار داد که تابعی است از تعداد کل محاسبات لازم برای اجرای آن.

الگوریتم‌های جست‌وجو (Search) از الگوریتم‌های پرکاربرد در علوم زیستی و علوم کامپیوتر به‌شمار می‌روند. به عنوان مثال برای بررسی وجود ژن متناظر یک cDNA در یک ژنوم، الگوریتم جست‌وجو مورد نیاز است.

جست‌وجوی توالی الگو (ATA) در توالی هدف (CGATA) به عنوان نمونه بررسی شده است. ساده‌ترین الگوریتم جست‌وجو در ۳ مرحله و با انجام ۵ محاسبه به نتیجه می‌رسد (هر محاسبه به معنای بررسی یکسان بودن یک کاراکتر در توالی الگو با یک کاراکتر در توالی هدف است).





- مرحله اول : کاراکتر ۱ از توالی الگو با کاراکتر ۱ از توالی هدف مقایسه می‌شود. با توجه به متفاوت بودن این دو، توالی الگو یک خانه به سمت راست جابجا می‌شود.
 - مرحله دوم : کاراکتر ۱ از توالی الگو با کاراکتر ۲ از توالی هدف مقایسه می‌شود. با توجه به متفاوت بودن این دو، توالی الگو یک خانه به سمت راست جابجا می‌شود.
 - مرحله سوم : کاراکتر ۱ از توالی الگو با کاراکتر ۳ از توالی هدف، مقایسه می‌شود. با توجه به یکسان بودن این دو، کاراکتر ۲ از توالی الگو با کاراکتر ۴ از توالی هدف و کاراکتر ۳ از توالی الگو با کاراکتر ۵ از توالی هدف مقایسه می‌شود.
- حال اگر بخواهیم وجود یک توالی تکرار شده مشخص به طول 10^2 کاراکتر را در یک تک رشته توالی تصادفی به طول 10^9 کاراکتر، به وسیله الگوریتم بالا و در یک کامپیوتر با توانایی انجام 10^8 محاسبه در هر ثانیه، بررسی کنیم، نسبت زمان مورد نیاز (به ثانیه) برای حل طولانی ترین حالت ممکن به کوتاه ترین حالت ممکن حدودا چند است ؟

1) 10^{11}

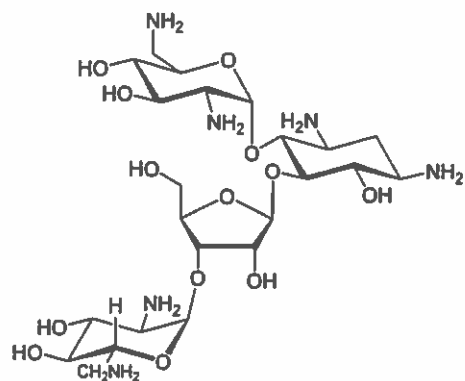
2) 10^9

3) 10^7

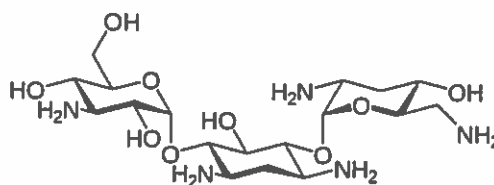
4) 10^2

5) 1

پرسش ۱۳ آمینوگلیکوزیدها (Aminoglycosids) گروهی از آنتی‌بیوتیک‌ها هستند. این گروه شامل چندین آنتی‌بیوتیک است که در ساختار شباهت‌هایی به هم دارند. از عوارض شایع این داروها می‌توان به آسیب‌های کلیوی اشاره کرد. در شرایط فیزیولوژیک، گروه آمینی موجود در ساختار آنها حالت کاتیونی دارد، این شرایط موجب اتصال این مولکول‌ها، به برخی فسفولیپیدهای موجود در غشا سلول‌های لوله پیچ خورده نزدیک (proximal tubule) در نفرون کلیه که در محل اتصال ابری از بار منفی دارند، می‌شود. در ادامه پس از انجام مراحل دیگری به درون این سلول‌ها وارد می‌شوند و با تجمع در برخی نقاط سلول باعث آسیب کلیه می‌گردند. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تجویز میزان ثابتی از این آنتی‌بیوتیک‌ها در یک مرتبه به صورت تک دوز در روز، نسبت به دادن همان میزان آنتی‌بیوتیک به صورت تقسیم‌شده به چند دوز در روز، خطر کمتری برای آسیب کلیه‌ها دارد. با توجه به توضیحات بالا و تصاویر زیر، کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟



1 Neomycin



2 Tobramycin

۱. تورامایسین نسبت به نئومایسین آسیب بیشتری برای کلیه ها دارد.
۲. در فرد دچار سوختگی، به علت از دست دادن آب بیشتر از محل آسیب پوستی، میزان آسیب کلیوی بیشتر است.
۳. وارد شدن این آنتی بیوتیک به درون سلول های توپول پروگزیمال فرآیندی اشباع پذیر است.
۴. هورمون ضدادراری (ADH) با اثر بر توپول پروگزیمال، موجب کاهش سمیت آمینوگلیکوزیدها می‌شود.
۷. فسفولیپید هایی با بار اسیدی نقش بیشتری در این فرآیند دارند.

۱, IV, V (۱)

II, IV (۲)

I, III (۳)

II, III, V (۴)

I, IV (۵)

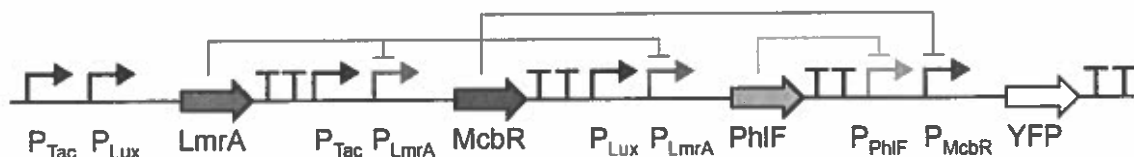
پرسش ۱۴ سلول را می‌توان مانند یک ماشین محاسباتی کوچک بررسی کرد. مدارهایی از جنس ژن‌ها و پروتئین‌های تنظیمی، سیگنال‌های ورودی را دریافت کرده و پاسخ مناسب می‌دهند.

برهمکنش میان دو ورودی را می‌توان با بهره‌گیری از منطق صفر و یکی (boolean) در قالب مدارهایی ترسیم کرد. درگاه منطقی (logic gate) از اجزای مدارهای الکتریکی است که در محل تلاقی دو یا چند ورودی قرار گرفته و خروجی‌ها را به عنوان تابعی از ورودی‌های دریافتی تعیین می‌کند. جدول پایین چندین درگاه منطقی ساده و پاسخ هر کدام به مجموعه‌های متفاوت ورودی را نشان می‌دهد. به عنوان مثال درگاه AND تنها در صورت روشن بودن هر دو ورودی، روشن می‌شود.



ورودی		خروجی Q					
		AND	OR	NAND	NOR	XOR	XNOR
A	B						
0	0	0	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	1

یکی از اهداف زیست‌شناسی صناعی (synthetic biology)، استفاده از قطعات ژنتیکی سلول برای برانگیختن رفتارهای خاص است. مدار ژنتیکی زیر بر همین اساس طراحی شده است. هر توالی DNA دارای عملکرد در این قطعه، با نماد خاصی نشان داده شده است.



توالی‌های کد کننده که محصول هرکدام یک فاکتور رونویسی است.	
ترمیناتورهای رونویسی.	
پروموترها که با فاکتور رونویسی مربوطه نام‌گذاری شده‌اند.	

- پروموتتر های Lux و Tac در حالت پیش‌فرض غیرفعال بوده و توسط این فاکتور ها فعال می‌شوند.
- پروموتتر های LmrA، McbR و PhIF در حالت پیش‌فرض فعال بوده و توسط این فاکتور ها مهار می‌شوند.



در این مدار Tac و Lux ورودی‌ها و YFP (پروتئین فلئورسنت زرد) خروجی است. رفتار مدار ساخته شده معادل کدام یک از درگاه‌های منطقی است؟

OR (۱)

NOR (۲)

XOR (۳)

AND (۴)

NAND (۵)

پرسش ۱۵ تعیین هویت به کمک DNA یا انگشت نگاری DNA (DNA fingerprinting) یکی از قابل اعتماد ترین شیوه‌های تشخیصی جهت تعیین هویت افراد است. این موضوع از آنجا نشأت می‌گیرد که DNA انسان‌ها علی‌رغم شباهت بسیار بالا، دارای اختلافی در حدود 0.1 درصد بوده و وجود این اختلاف سبب می‌شود که بتوان از مارکرهای ژنتیکی برای تعیین هویت و تهیه شناسنامه ژنتیکی افراد استفاده نمود.

تکرارهای پیاپی کوتاه یا Short Tandem Repeats (STR)، جایگاه‌های پلی‌مورفیکی هستند که از تکرار واحد ۲ تا ۷ نوکلئوتیدی تشکیل می‌شوند. تعداد تکرار این واحدها در افراد مختلف می‌تواند متفاوت باشد. آنالیز STRها تعداد دقیق واحدهای تکراری را اندازه گیری می‌کند و در تعیین هویت افراد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در صورتی که در جمعیت ایران، فراوانی ال‌ها در هر یک از محل‌ها به صورت جدول زیر باشد، به طور متوسط، چند نفر در هر میلیون دارای ژنوتیپ مشخص شده می‌باشند؟ (هر کدام از این مارکرها مستقل از یک‌دیگر به ارث می‌رسند و پدری یا مادری بودن کروموزوم‌ها مهم نیست)

ال ۱۴	ال ۱۱	D13S317
0.05	0.34	
ال ۸	ال ۶	THO1
0.04	0.23	
ال ۱۶	ال ۱۴	D185S1
0.14	0.14	

ژنوتیپ مورد نظر: THO1 (6,8) - D185S1 (14) - D13S317 (11,14)



(۱) ۳ نفر

(۲) ۱۲ نفر

(۳) ۱۲۰ نفر

(۴) ۱۰۰۰ نفر

(۵) ۷۴۰۰۰ نفر

- با توجه به توضیحات، به دو پرسش پیش‌رو پاسخ دهید.

مدل‌سازی، فرایندی جدایی‌ناپذیر از روش علمی است. مدل‌های ریاضی به توصیف پدیده‌ها در قالب توابع یا فرمول‌ها می‌پردازند. در بسیاری از موارد تغییرات سیستم قابل مشاهده بوده و می‌توان آن را در قالب معادلات دیفرانسیل به صورت زیر نشان داد.

$$dy/dx = y' = F(x, y)$$

این معادله دیفرانسیل به این معناست که مشتق تابع مورد نظر، در هر نقطه، خود تابعی از دو پارامتر x و y آن نقطه است. حل یک معادله دیفرانسیل به معنای یافتن تمامی توابعی است که شرایط آن را برآورده می‌کنند. معادلات دیفرانسیل تنها یک جواب ندارند و جواب آن وابسته به شرایط ابتدایی است. متأسفانه یافتن تابع واضح برای حل یک معادله دیفرانسیل در بسیاری از مواقع ناممکن است، اما با استفاده از روش‌های گرافیکی می‌توان اطلاعات مفیدی به دست آورد. صفحه فاز (slope field) نمایش بصری از تغییرات تابع در نقاط مختلف صفحه مختصات دو بعدی است. به عنوان مثال برای به دست آوردن صفحه فاز معادله دیفرانسیل زیر، مشتق تابع را در چند نقطه محاسبه می‌کنیم. مقدار حاصل، شیب لحظه‌ای خطی است که از نقطه متناظر عبور می‌کند.

$$dy/dx = x + y$$

در نقطه $(0,0)$ مشتق تابع برابر با صفر است.

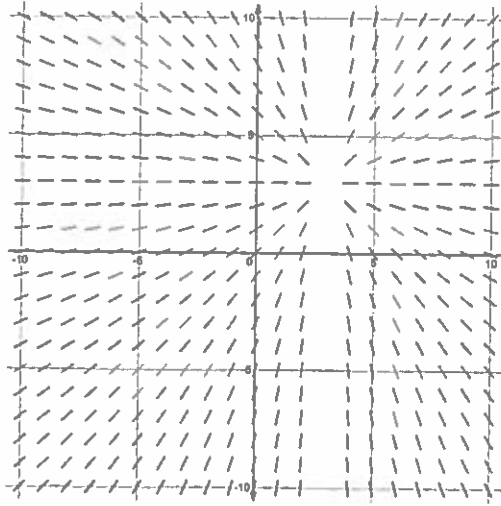
در نقطه $(1,1)$ مشتق تابع برابر با ۲ است.

در نقطه $(-1, -1)$ مشتق تابع برابر با -۲ است.

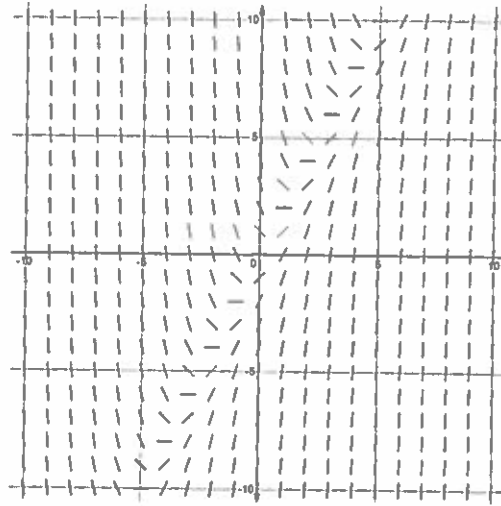
پرسش ۱۶ در بررسی دینامیک اندازه جمعیت دو گونه X و Y مدل زیر را به دست آوردیم:

$$dy/dx = y - x$$

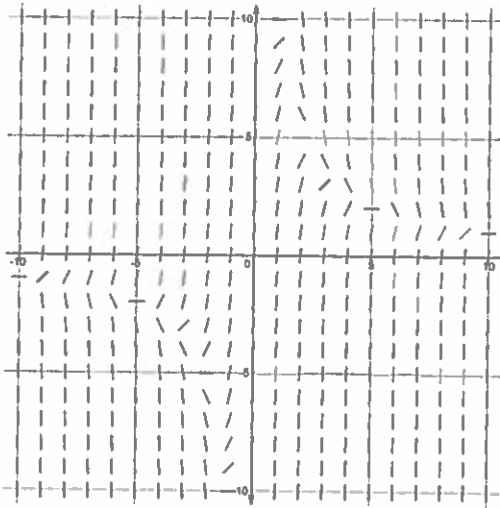
در این معادله محور x اندازه جمعیت گونه اول و محور y اندازه جمعیت گونه دوم است. کدام یک از گزینه‌های زیر صفحه فاز این مدل را به درستی نشان می‌دهد؟



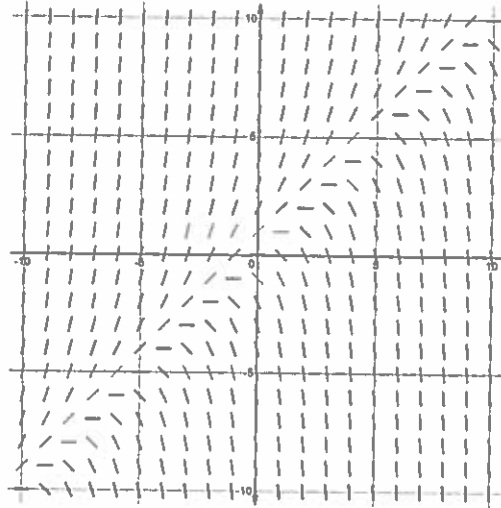
(۱)



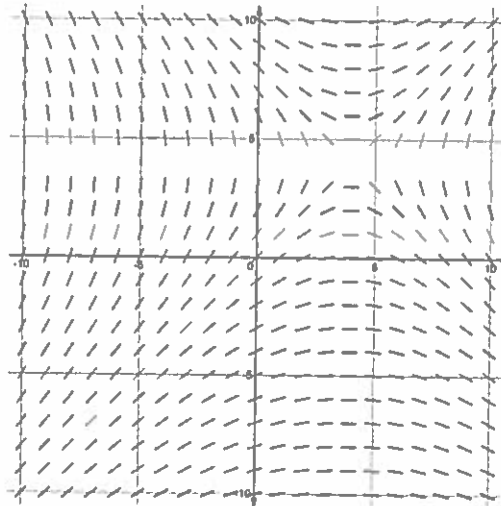
(۲)



(۳)



(۴)



(۵)



پرسش ۱۷ در مورد رفتار این مدل، کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟

- I. در صورت برابر بودن تعداد افراد گونه X و Y اندازه جمعیت هر دو گونه در تعادل قرار دارد و تغییری نمی‌کند.
- II. در صورت بیشتر بودن تعداد افراد گونه X، گونه Y به سمت انقراض می‌رود.
- III. افزایش تعداد گونه X همواره کاهش تعداد گونه Y را در پی دارد.
- IV. هر چه اختلاف اندازه دو جمعیت کمتر باشد، سرعت رشد جمعیت غالب بیشتر است.

(۱) I, II

(۲) I, III

(۳) III, IV

(۴) I, II, III

(۵) II, III, IV

پرسش ۱۸ با توجه به جهت‌دار بودن سنتز نوکلئیک اسیدها در سلول زنده، در مورد رشته در حال ساخته شدن DNA یا

RNA، کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟

- I. گروه فسفات نوکلئوتید بعدی به گروه OH نوکلئوتید قبلی متصل می‌شود.
- II. گروه OH نوکلئوتید بعدی به گروه فسفات نوکلئوتید قبلی متصل می‌شود.
- III. در یک مولکول mRNA در یک گلوبول قرمز بالغ، تمامی پیوندهای بین نوکلئوتیدها از نوع 5' به 3' است.
- IV. در رشته‌ی در حال ساخت RNA، گروه فسفات انتهای 5' رشته و گروه OH 2' در انتهای دیگر آزاد است.

(۱) II, III, IV

(۲) I, III, IV

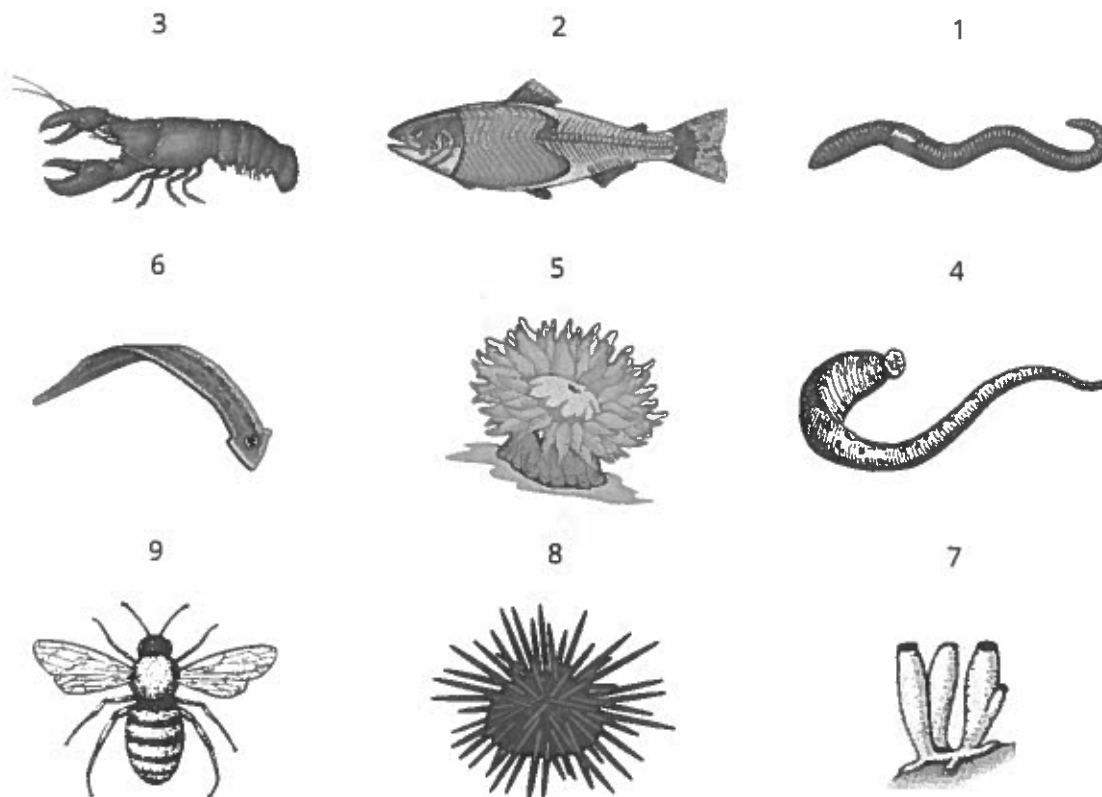
(۳) II, IV

(۴) I, III

(۵) I



پرسش ۱۹ جانوران یکی از فرمانروهای (Kingdom) یوکاریوت‌ها هستند که خود به شاخه‌های (Phylum) متعددی تقسیم می‌شوند. از مهم‌ترین شاخه‌های جانوران میتوان به بندپایان (Arthropoda)، طناب‌داران (Chordata) و نرم‌تنان (Mollusca) اشاره نمود. کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟



- I. نزدیک‌ترین جد مشترک ۲ و ۸ قبل از نزدیک‌ترین جد مشترک ۳ و ۸ می‌زیسته‌است.
- II. تصویر ۵ و ستاره دریایی در یک شاخه قرار می‌گیرند.
- III. تصویر ۴ و ۶ در یک شاخه قرار می‌گیرند.
- IV. تصویر ۷ فاقد ساختار بافتی حقیقی است.
- V. تصاویر ۱، ۴ و ۹ حداقل یک بار در طول دوره زندگی خود پوست اندازی می‌کنند.
- VI. تصویر ۶ فاقد ساختار لوله گوارشی است.



۱) IV

۲) IV, VI

۳) I, IV

۴) I, III, V

۵) I, II, IV

- تصویری که مشاهده می‌کنید تصویر میکروسکوپی از محل اتصال دو گیاه A و B است. در مورد این دو گیاه به دو پرسش پیش‌رو پاسخ دهید.



پرسش ۲۰ ساختار A چه اندامی را نشان می‌دهد؟

۱) ریشه تک‌لپه

۲) ریشه دولپه

۳) ساقه تک‌لپه

۴) ساقه دولپه

۵) ساقه بازدانه



پرسش ۲۱ در مورد گیاه B، کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟

- I. کمترین جذب نوری توسط عصاره این گیاه در طول موج سبز است.
- II. این گیاه ریشه‌های افشان دارد.
- III. این گیاه برگ‌های فلس مانند کوچک دارد.
- IV. رویش دانه‌های این گیاه در بخش سطحی خاک انجام می‌شود.
- V. سیگنال‌های شیمیایی خارجی، باعث جوانه زدن دانه یا رشد دانه‌رست این گیاه می‌شود.

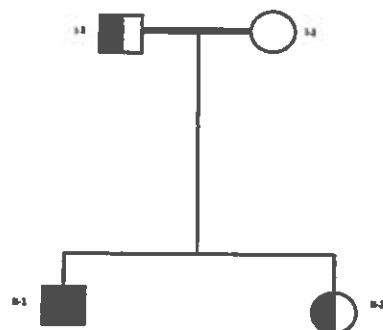
I, II (۱)

III, IV (۲)

I, II, III (۳)

III, IV, V (۴)

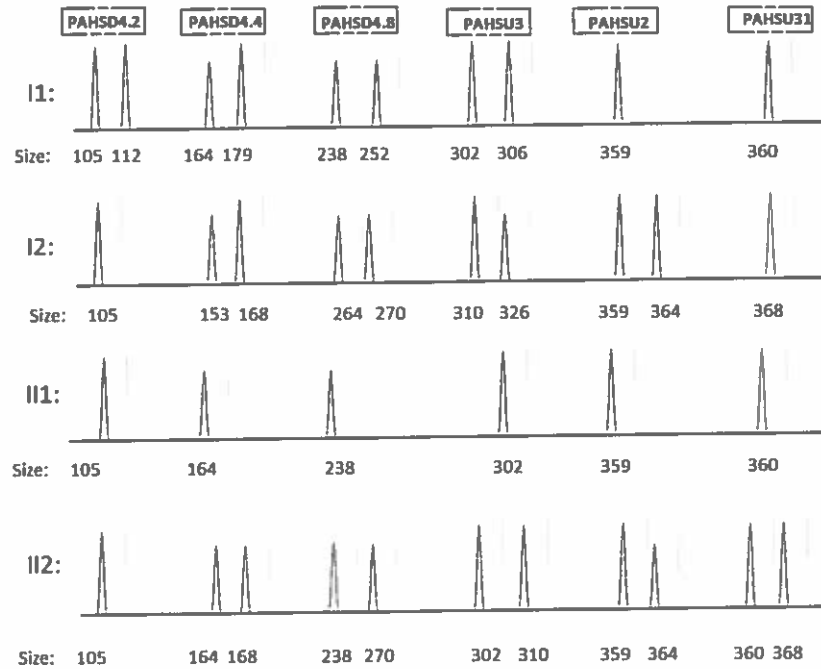
I, III, IV, V (۵)



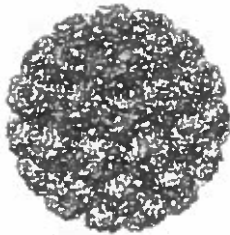
پرسش ۲۲ الکتروفورز مویین (Capillary electrophoresis) یک روش

جداسازی است که در لوله‌های مویین با قطر کم‌تر از یک میلی‌متر اعمال می‌شود. در این روش، با اعمال میدان الکتریکی در دو سمت لوله مویین، ذرات با سرعت‌های متفاوتی حرکت کرده و در زمان‌های مختلف از جلوی یک آشکارساز نوری عبور می‌کنند. بدین ترتیب اختلافات بسیار ناچیز در مواد مورد بررسی، اعم از اختلاف به اندازه یک نوکلئوتید در توالی‌های DNA قابل شناسایی است. در بررسی یک بیماری وراثتی از این روش استفاده کرده و مارکرهای STR (توالی‌های کوتاه تکراری که پیوسته با ژن بیماری‌زا به ارث می‌رسند) را مورد بررسی قرار دادیم.

در صورتی که در شجره‌نامه مورد بررسی، فرد II-1 دارای یک بیماری اتوزومال مغلوب و افراد I-1 و II-2 ناقل باشند، بر اساس نتایج الکتروفورز، علت بیمار شدن فرد II-1 چیست؟



- ۱) بروز علایم بالینی متفاوت بسته به این‌که زن از پدر یا مادر به ارث رسیده باشد.
- ۲) اختلال در میوز I و به ارث رسیدن دو کروموزوم هومولوگ متفاوت از یک والد.
- ۳) اختلال در میوز II و به ارث رسیدن دو کروموزوم هومولوگ متفاوت از یک والد.
- ۴) اختلال در میوز I و به ارث رسیدن دو رونوشت یکسان یک کروموزوم از یک والد.
- ۵) اختلال در میوز II و به ارث رسیدن دو رونوشت یکسان یک کروموزوم از یک والد.



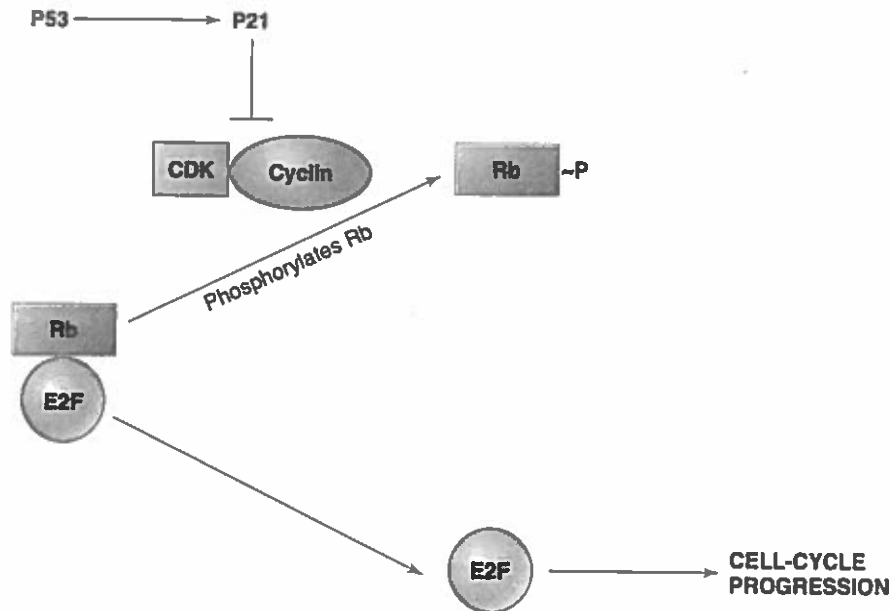
پرسش ۲۳ نخستین عضو خانواده Papillomaviridae در سال ۱۹۳۳ کشف شد.

پاپیلوماویروس کپسید بیست وجهی و ژنوم حلقوی از DNA دو رشته دارد. این ویروس می‌تواند طیف وسیعی از میزبان‌های جانوری را آلوده کند. بیش از صد نوع از این ویروس‌ها به عنوان عوامل بیماری‌زا در انسان شناخته شده و در زیرگروه (HPV) human papilloma virus طبقه‌بندی می‌شوند. آلودگی HPV به صورت تظاهراتی مانند زگیل در پوست و غشای مخاطی بروز

پیدا می‌کند. سویه‌هایی از این ویروس نیز می‌توانند باعث سرطان دهانه‌ی رحم شوند. این موضوع باعث تمرکز بیشتر تحقیقات بر این ویروس‌ها شده‌است.



شکل زیر مسیر دخیل در کنترل چرخه سلولی میزبان را نشان می‌دهد که ویروس HPV می‌تواند روی قسمتی از آن تأثیر بگذارد. فلش تیز نشان‌دهنده تحریک و فلش صاف نشان‌دهنده مهار است. فعالیت پروتئین E2F باعث افزایش تقسیم سلولی می‌شود. کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟



- I. پروتئینی در ژنوم ویروس که باعث تجزیه پروتئین p53 شود، می‌تواند باعث ایجاد سرطان شود.
- II. پروتئینی در ژنوم ویروس که به سایکلین متصل شده و از اتصال آن به CDK جلوگیری کند، می‌تواند باعث ایجاد سرطان شود.
- III. پروتئین Rb غیر فسفریله یک عامل مهار کننده‌ی تومور (tumor suppressor) است.
- IV. آلوده شدن سلول‌های میزبان توسط پاپیلوماویروس، باعث ورود سلول به مرحله S (سنتز) از چرخه سلولی می‌شود.
- V. ویروس پس از ورود به پوست، چرخه زندگی را در سلول‌های لایه شاخی آغاز می‌کند.

I, II, III (۱)

II, III, V (۲)

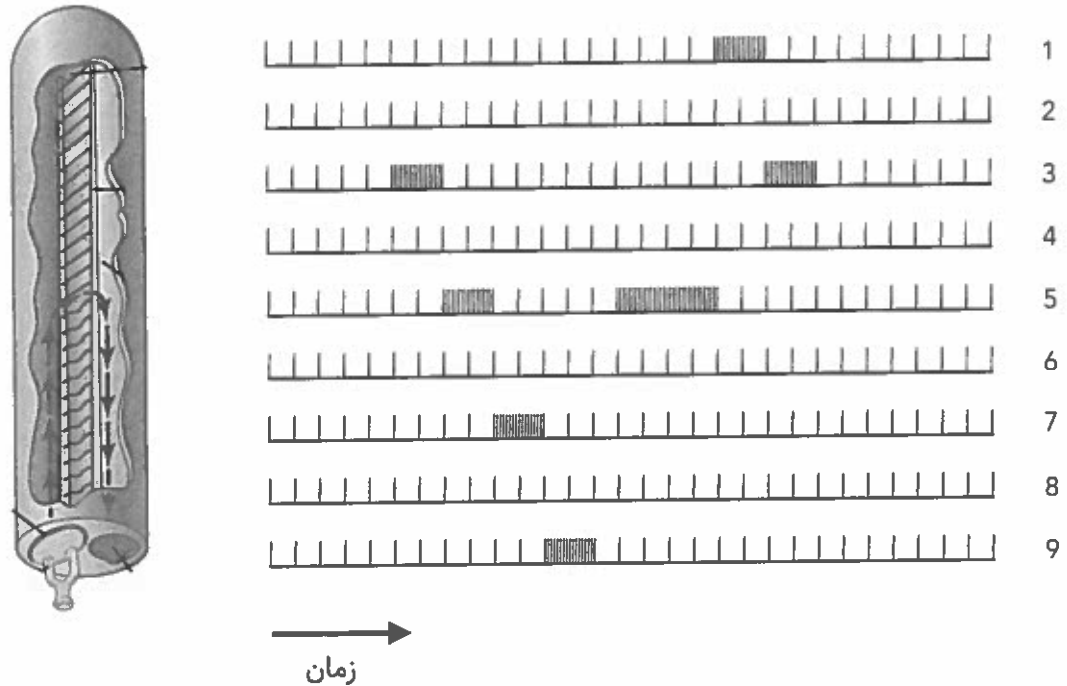
I, III, IV (۳)

I, III, V (۴)

II, IV, V (۵)



پرسش ۲۴ فعالیت نورون‌های خارج‌شده از حلزون گوش را در طی زمان اندازه گرفتیم و پس از حذف نویز نتیجه زیر حاصل شد.



- در سمت چپ تصویر، حلزون گوش را مشاهده می‌کنید که به صورت صاف نمایش داده شده است.
- نورون‌های خروجی از حلزون با توجه به فاصله از قاعده حلزون (دریچه بیضی) مرتب شده‌اند. بدین ترتیب که نورون ۹ نزدیک به قاعده‌ی حلزون گوش و نورون ۱ نزدیک به نوک است.
- هر خط عمودی نشان‌دهنده فعالیت نورون است.
- غشای پایه حلزون گوش در قاعده با فرکانس‌های بالا تحریک می‌شود.
- غشای پایه حلزون گوش در نوک با فرکانس‌های پایین تحریک می‌شود.
- نورون ۱ متعلق به نقطه‌ای از حلزون است که با فرکانس ۳۹۲ هرتز تحریک می‌شود.



- راهنمای نمایش موسیقی:

برای نوشتن نت‌ها از پنج خط موازی استفاده می‌شود. هر نت فرکانس خاصی دارد و مکان ویژه‌ای را روی خطوط یا در فاصله بین آنها به خود اختصاص می‌دهد. زیرایی صدا (pitch) به معنای زیر یا بم بودن نت است. با افزایش فرکانس صوت، ما آن را "زیر" تر و با کاهش فرکانس "بم" تر می‌شنویم. جهت نوشتن موسیقی از چپ به راست است.

می فا سل لا سی دو ر می

← ۳۲۹.۶۳ هرتز ۶۵۹.۲۵ هرتز →

کدام یک از قطعات موسیقی زیر با نتایج آزمایش بالا هم‌خوان است؟

(۱)

(۲)

(۳)

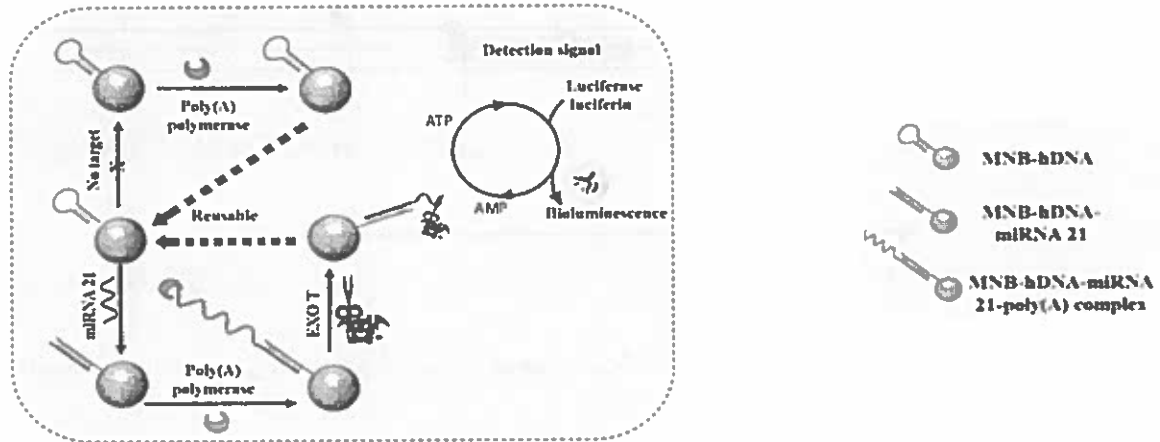
(۴)

(۵)



- با توجه به توضیحات، به دو پرسش پیش‌رو پاسخ دهید.

شکل زیر یک حسگر زیست‌تابی (بیولومینسانس) را نشان می‌دهد که با استفاده از آنزیم لوسیفراز، برای تشخیص miRNA به کار می‌رود. miRNAها می‌توانند به عنوان نشان‌گرهای زیستی مهمی برای تشخیص سرطان عمل کنند. در این حسگر، ذرات مغناطیسی (MNB) به قطعات DNA سنجاق سری (hdNA) متصل شده‌اند. این قطعات قابلیت اتصال به miRNA هدف را دارند. پس از اتصال، آنزیم پلی‌آدنیلات پلی‌مرز، دم پلی A تک رشته را به miRNAهای هدف اضافه می‌کند که سپس توسط آنزیم اگزونوکلیئاز T (EXO T) بریده می‌شود.



پرسش ۲۵ کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟

- I. برش انتهای 5' از miRNA توسط اگزونوکلیئاز T، سبب ایجاد سیگنال زیست‌تابی می‌شود.
- II. آنزیم پلی‌آدنیلات پلی‌مرز باعث اضافه شدن AMP به انتهای 5' از miRNA و ایجاد دم پلی A می‌شود.
- III. برش دم پلی A توسط اگزونوکلیئاز T سبب تولید ATP می‌شود که در اثر از دست دادن گروه فسفات (دفسفریلاسیون) و تبدیل به AMP سیگنال زیست‌تابی ایجاد می‌شود.
- IV. فرآیند سنجش نهایی miRNA وابسته به یک نوع آنزیم کیناز است.
- V. بخشی از دم پلی A که به وسیله اگزونوکلیئاز T برش می‌خورد، پیش‌ساز موردنیاز را جهت تولید سیگنال زیست‌تابی تأمین می‌کند.

(۱) I, III

(۲) II, III

(۳) III, IV

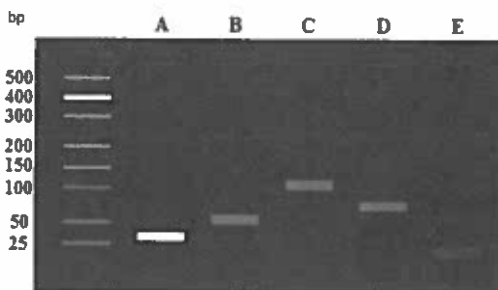
(۴) IV, V

(۵) III, V



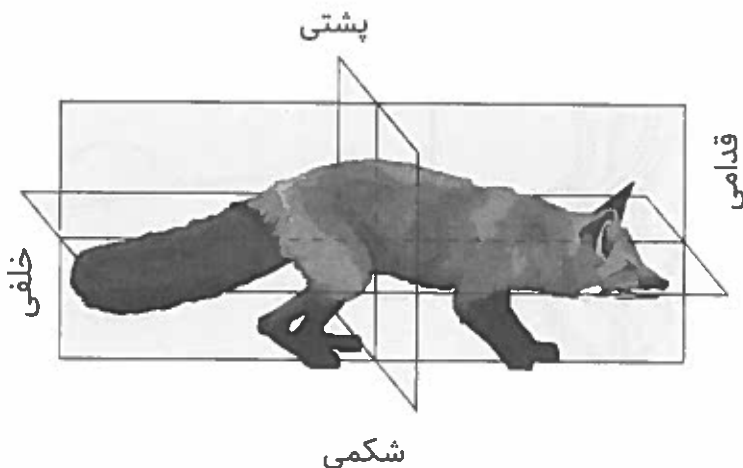
پرسش ۲۶ به منظور بررسی عملکرد این حس‌گر و تایید اتصال miRNA مکمل به DNA سنجاق سری، در پنج آزمایش با شرایط مختلف، الکتروفورز ژل آگارز 3% انجام شد. بر اساس جدول زیر باندهای نمایان شده روی ژل مطابق با کدامیک از آزمایش‌های ذکر شده است؟

	1	2	3	4	5
یروپ DNA سنجاق سری (hdNA)	+	+	-	+	+
miRNA 21	+	+	+	+	-
آنزیم پلی آدنیلات پالمرز	+	-	-	+	+
آنزیم اگزون کلاز T	-	-	-	+	-



A	B	C	D	E	گزینه
5	4	3	2	1	(۱)
3	2	1	5	4	(۲)
1	5	2	3	4	(۳)
5	2	1	4	3	(۴)
3	1	4	5	2	(۵)

پرسش ۲۷ در جانوران دارای تقارن دوطرفی، می‌توان سطوح متفاوتی تعریف کرد. تصویر زیر سطوح یک پستاندار را نشان می‌دهد.



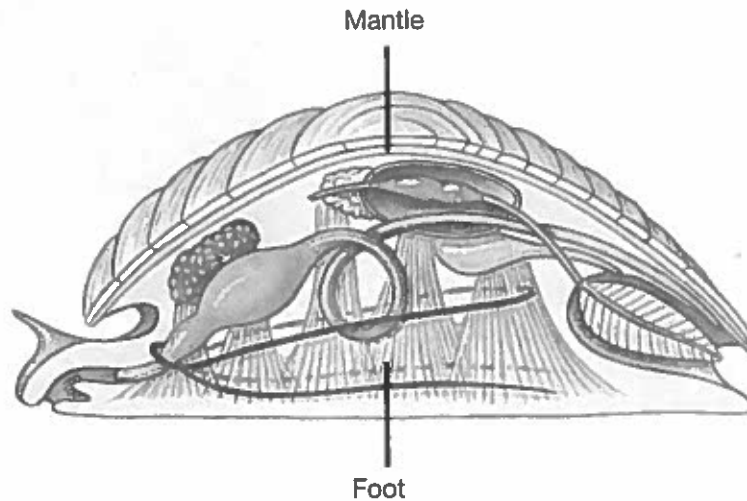
هیوا؛ تخصصی ترین سایت مشاوره کشور



مرحله اول بیست و سومین المپیاد زیست‌شناسی ایران

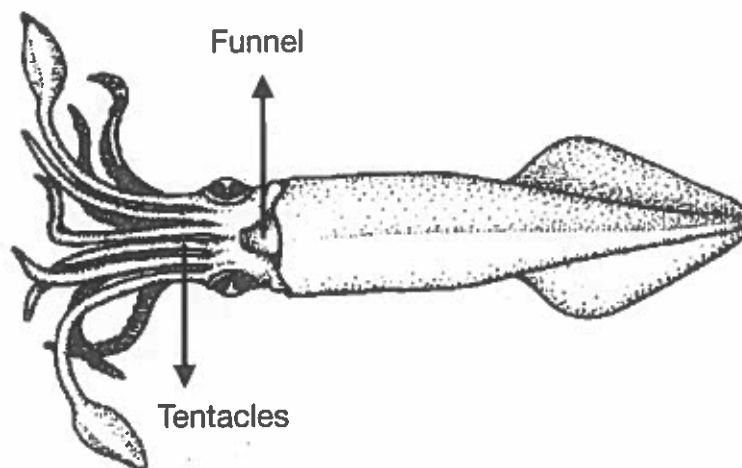
طرح بدنی و ویژگی‌های مشترک نرم‌تنان (سرپایان، شکم‌پایان، دوکفه‌ای‌ها و...) در تصویر زیر آورده شده‌است. سه جزء اصلی در تمامی رده‌های نرم‌تنان حفظ شده است:

- Foot: ساختاری عضلانی که در حرکت و درک حسی نقش دارد و به عنوان سطح شکمی در نظر گرفته می‌شود.
- Visceral mass: شامل اندام‌های گوارشی، تولیدمثلی، گردش مواد و ترشحاتی است.
- Mantle: صفحه‌ای از سلول‌ها که بقیه بدن را در بر می‌گیرد و در برخی نرم‌تنان صدف را ترشح می‌کند.



رده سرپایان Cephalopoda جانورانی مانند هشت‌پا و ماهی‌مرکب را شامل می‌شود. این جانوران پیچیده‌ترین نرم‌تنان و از بسیاری از جهات پیچیده‌ترین بی‌مهرگان به شمار می‌روند. سرپایان شکارچی بوده و متناسب با این سبک زندگی تکامل یافته‌اند. در قسمت سر این جانوران دو ساختار اصلی مشاهده می‌شود:

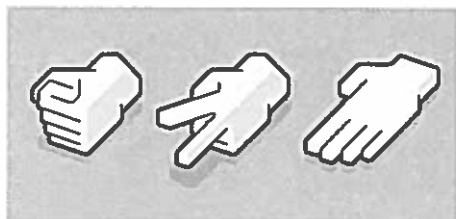
- Tentacles: حلقه‌ای از بازوها برای شکار، تولیدمثل و اتصال به سطوح.
- Funnel: ساختاری برای خروج پرفشار آب و ایجاد حرکت سریع جت مانند.





در بی تحریک، جهت اصلی حرکت جت‌مانند در یک سرپا به کدام سمت است؟

- (۱) شکمی
- (۲) پشتی
- (۳) خلفی
- (۴) قدامی
- (۵) جانبی



پرسش ۲۸ برهمکنش موجودات زنده را می‌توان در قالب بازی‌های

اجتماعی بازتعریف کرد. به عنوان مثال برهمکنش سویه‌های مختلف مخمر را می‌توان در قالب یک بازی سنگ-کاغذ-قیچی بررسی کرد. در صورت کلاسیک این بازی، دو بازیکن و سه انتخاب وجود دارد: کاغذ مغلوب قیچی، قیچی مغلوب سنگ و سنگ مغلوب کاغذ می‌شود.

در یک دور بازی سنگ-کاغذ-قیچی، فرد یا غیرآگاهانه تصمیم می‌گیرد یا آگاهانه. در تصمیم غیرآگاهانه، فرد به علت توازن نیرو در ماهیچه‌های دست و انگشتان، سنگ را انتخاب می‌کند. تصمیم آگاهانه را می‌توان در قالب "مراحل تفکر" توصیف کرد. در مرحله اول تفکر، فرد حرکتی را انتخاب می‌کند که سنگ (انتخاب غیرآگاهانه) را شکست دهد. فرد می‌تواند پیش از انتخاب حرکت خود، چندین مرحله تفکر را طی کند. این توضیحات را می‌توان در قالب فرمول زیر خلاصه کرد:

$$N_k = N_{k-1} \cdot c$$

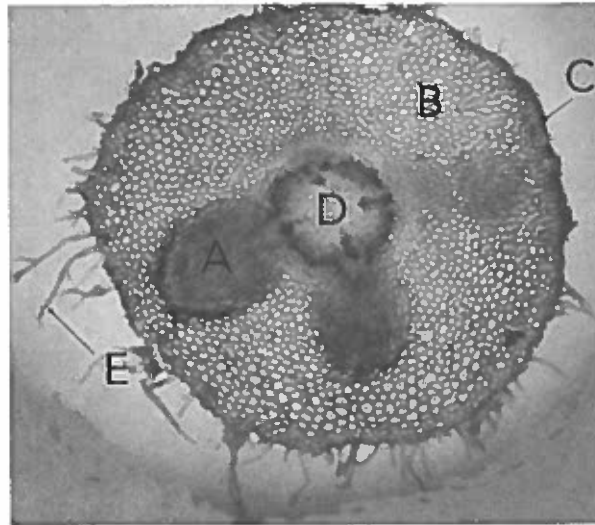
- در این فرمول، N_k تعداد افرادی است که حرکت خود را پس از k مرحله تفکر انتخاب کرده‌اند. c نسبت افرادی است که از مرحله $k-1$ تفکر، یک مرحله پیش‌تر می‌روند؛ این عدد مقداری ثابت بین ۰ و ۱ است.
- تصمیم ناآگاهانه برابر با $k=0$ است.

در صورتی که c برابر ۰.۵ باشد. درصد افرادی که با حرکت کاغذ، بازی خواهند کرد به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

- (۱) ۱۲
- (۲) ۱۴
- (۳) ۲۵
- (۴) ۲۹
- (۵) ۳۳



پرسش ۲۹ با توجه به شکل، کدام گزینه تمامی گزاره‌های صحیح را در بر دارد؟



- I. هورمونی که در تشکیل ساختار A نقش دارد، باعث کاهش pH دیواره سلولی می‌شود.
- II. تشکیل ساختار A علامت ورود اندام گیاهی به رشد پسین است.
- III. منشا ساختار B و C مریستم زمینه است.
- IV. ساختار A حاصل هم‌زیستی گیاه و باکتری های ریزوبیوم است.
- V. ساختار E کرک پوششی چندسلولی است.

۱ (۱)

۲ (۱، IV)

۳ (۱، II، IV)

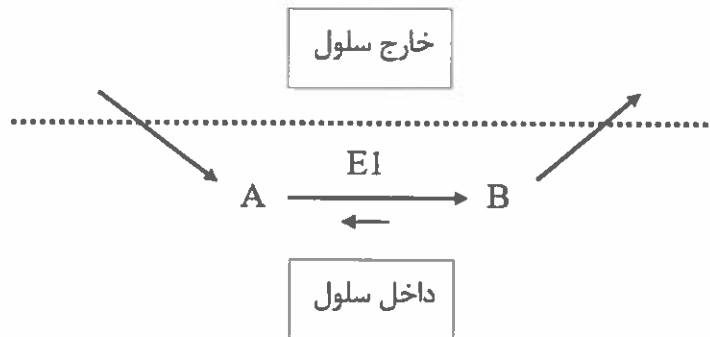
۴ (II، III)

۵ (III، IV، V)

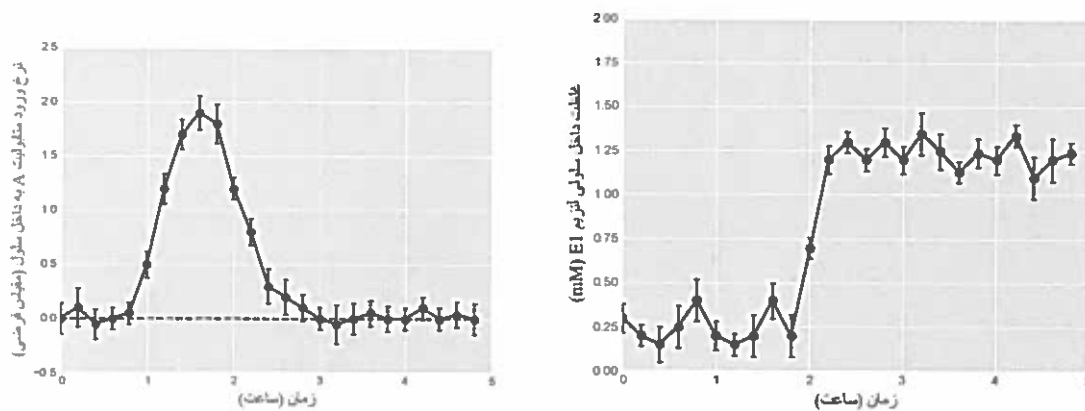


پرسش ۳۰ تصویر زیر نشان دهنده بخشی از متابولیسم باکتری *Escherichia coli* است. این واکنش در وضعیت پایه سلول، در حالت تعادل شیمیایی قرار دارد.

در اثر تغییر در شرایط محیطی، غلظت متابولیت A در بازه زمانی کوتاهی بالا رفته‌است. با به کار افتادن مکانیسم‌های تنظیمی، بیان ژن کد کننده آنزیم افزایش پیدا می‌کند. ورود و خروج متابولیت‌های A و B از سلول توسط انتشار ساده صورت می‌گیرد.



نمودارهای زیر روند این تغییرات را نشان می‌دهد.



با توجه به این داده‌ها کدام یک از گزینه‌های زیر روند تغییرات غلظت داخل سلولی متابولیت‌های A و B را پس از گذشت زمان کافی به درستی نشان می‌دهد؟

